

Helsinki 16.3.2004

10 Recd 10 12 JUL 2005

PCT / P 2004 / 000064

REC'D 26 MAR 2004

WIPO

PCT

E T U O I K E U S T O D I S T U S
P R I O R I T Y D O C U M E N T



Hakija
Applicant

Temet Instruments Oy
Helsinki

Patentihakemus nro
Patent application no

20030214

Tekemispäivä
Filing date

12.02.2003

Kansainvälinen luokka
International class

G01J

Keksiinon nimitys
Title of invention

"Infrapunamodulaattori spektrometriä varten"

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä
Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä,
patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the
description, claims, abstract and drawings originally filed with the
Finnish Patent Office.

Markketa Tehikoski

Markketa Tehikoski
Apulaistarkastaja

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001
Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No.
1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and
Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Infrapunamodulaattori spektrometriä varten

Keksinnön tausta

Tämän keksinnön kohteena on infrapunamodulaattori spektrometriä

- 5 varten, joka modulaattori käsittää valonlähteen, säteenjakajan valonlähteen valon jakamiseksi kahteen haaraan, ensimmäisen tasopeilin ensimmäisen haaran valon ohjaamiseksi, toisen tasopeilin toisen haaran valon ohjaamiseksi, ensimmäisen, kolmesta toisiinsa nähdyn kohtisuorassa suunnassa olevasta peilistä muodostetun kuutionurkkapeilin ensimmäisen tasopeilin ohjaaman valon kääntämiseksi takaisin ensimmäiselle tasopeilille, ja toisen, kolmesta toisiinsa nähdyn kohtisuorassa suunnassa olevasta peilistä muodostetun kuutionurkkapeilin toisen tasopeilin ohjaaman valon kääntämiseksi takaisin toiselle tasopeilille, jolloin ensimmäinen ja toinen kuutionurkkapeili on sovitettu yhtiseelle optiselle akselille heijastamaan vastakkaisiin suuntiin ja liikutettavaksi edestakaisin mainitun optisen akselin suuntaisesti. Kuutionurkkapeilien muodostama peilisysteemi on kaksoiskuutionurkka, jonka tehtävänä on palauttaa niihin tuleva valo täsmälleen takaisin tulosuuntaansa edellä mainituille ensimmäiselle ja toiselle peilille ja niiden kautta säteenjakajalle, jossa valonsäteet interferovat keskenään.

- 20 Keksintö on tarkoitettu erityisesti käytettäväksi infrapuna- tai lähi-infrapuna-alueen Fourier-muunnosspektrometrissä säteilyn moduloimiseksi muotoon, josta Fourier-muunnoksen avulla voidaan laskea mitattavan säteilyn spektrijakautuma.

Kun mainittujen kahden valonsäteen kulkemat optiset matkat ovat

- 25 täsmälleen yhtä suuret, havaitaan laitteen ulostulossa kaikkien aallonpituuksien interferenssimaksimi. Liikutettaessa kaksoiskuutionurkkaa ensimmäiseltä ja toiselta peililtä tulevien valonsäteiden suuntaisesti laitteen läpi kulkevan valon aallonpitusjakautuma voidaan mitata käyttämällä hyväksi eri aallonpituuksien interferenssejä.

- 30 Fourier-muunnos-infrapuna(FTIR)spektroskopiassa infrapunasäteilyn moduloimiseksi on käytetty erittäin monenlaisia laitteita, joista yksinkertaisin on tasopeilien käyttöön perustuva Michelsonin interferometri. Spektroskopisissa sovelluksissa on erittäin tärkeää, että modulaation synnyttävän peilin liike ei aiheuta muutoksia säteiden suuntauksissa. Tätä ongelmaa on ratkaistu esimerkiksi käyttämällä niin kutsuttua dynamic alignment järjestelmää, jossa interferometrin toisen haaran peilin suuntausta muutetaan jatkuvasti niin, että

modulaatio säilyy muuttumattomana. Toisaalta on yritetty muuttaa peilien liikettä sellaiseksi, että se ei aiheuttaisi modulaation muutoksia. Tähän on pyritty esimerkiksi käyttämällä lineaarisen liikkeen sijasta rotaatioliikettä.

Tasopeilien aiheuttamia suuntauksen ongelmia on ratkottu myös

- 5 korvaamalla Michelsonin interferometrissa tasopeilit kuutionurkkapeileillä, mutta näilläkään ei ole pystytty saavuttamaan kenttäolosuhteisiin riittävän stabiilia rakennetta. Kuutionurkkapeilien käyttöön perustuvat myös US-patenteissa 4,165,183 ja 4,319,843 kuvatut kaksisädeinterferometrit, joista kuitenkaan kumpaakaan ei ole suunniteltu Fourier-muunnosspektroskopisiin sovelluksiin,
- 10 ja siten niiden ratkaisut esimerkiksi liikutusmekanismin suhteen eivät palvele nyt puheena olevaa tarkoitusta.

Fokusoivalla interferometrilla, jollainen tunnetaan esimerkiksi US-patentista 5,459,572, on päästy lähemmäs haluttua kenttäkelpoisuutta, mutta ratkaisu on käytännössä osoittautunut herkäksi tärinälle, koska päätypeileinä

- 15 käytettävät pallopeilit ovat pakostakin massiivisia ja siten alittiita mekaanisille häiriöille.

Keksinnön yhteenveto

Esillä olevan keksinnön tarkoituksesta on toimia matalan resoluution Fouriermuunnosspektrometrin säteilyä moduloivana instrumenttina, joka soveltuu käytettäväksi ongelmallisissa olosuhteissa: vaihteleissa lämpötiloissa ja tärinässä. Tähän päästään keksinnön mukaisen rakenteen avulla, jolle on tunnusomaista, että säteenjakaja ja ensimmäinen ja toinen tasopeili on tuettu samaan, yhden yhtenäisen materiaalikappaleen muodostamaan tukirakenteeseen.

- 25 Edullisimmin säteenjakajaa ja ensimmäistä ja toista tasopeiliä kannattava tukirakenne on kannatettu asennusalustaansa vain tukirakenteen yhdeltä rajatultta alueelta.

Paras toiminta saavutetaan, kun tukirakenne on symmetrinen siten, että säteenjakaja sijaitsee sen symmetria-akselilla ja ensimmäinen ja toinen tasopeili sijaitsevat symmetrisesti eri puolilla säteenjakajaa samalla etäisyydellä siitä ja että tukirakenteen kannatusalue asennusalustaansa sijaitsee säteenjakajan kohdalla. On myös edullista, että tukirakenne on materiaaliltaan homogeenista ja massiivista materiaalia, kuten messinkiä.

- 30

Keksinnön perusidean mukaisesti haluttuun lopputulokseen eli vaihtelevia lämpötiloja sietävään ja tärinänkestoiseen rakenteeseen päästään ottamalla huomioon kaksi tärkeää seikkaa: symmetria ja kompakti rakenne.

- 35

Symmetrinen rakenne saavutetaan sijoittamalla sateenjakajan jälkeen tulevien ensimmäisen ja toisen peilin paikat symmetrisesti samalle etäisyydelle sateenjakajasta. Kun peilien paikat lisäksi ovat samassa kappaleessa sateenjakajan kanssa, irti muusta laitteistosta, pystytään takaamaan, etteivät

- 5 lämpötilan vaihtelut pysty vaikuttamaan eri tavoin säteen eri haaroihin, esimerkiksi asennuspohjan kautta. Koska optinen matkaero on nelinkertainen liikuvan kuutionurkkasysteemin tekemään fyysiseen liikkeeseen nähden, pystytään pienelläkin liikkeellä saavuttamaan riittävä resoluutio. Modulaattorin rakenne saadaan erittäin kompaktiksi. Edelleen optiikka pystytään toteuttamaan niin,
- 10 10 etä sateenjakaja ja säteen palauttavat peilit, tässä tapauksessa kaksoiskuutionurkkasysteemi, ovat toistensa välittömässä läheisyydessä, jolloin laitteesta tulee erittäin stabiili.

Kuvioluettelo

Keksintöä selostetaan seuraavassa lähemmin edullisten suoritus-

- 15 muotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joissa

kuvio 1 esittää keksinnön mukaisen infrapunamodulaattorin toimintaa kaaviokuvana,

- 20 kuvio 2 esittää keksinnön mukaisessa infrapunamodulaattorissa käytettävän peilien tukirakenteen edullista suoritusmuotoa perspektiivikuvana ja

kuvio 3 esittää kuvion 2 mukaista tukirakennetta poikkileikkuksena.

Keksinnön yksityiskohtainen kuvaus

Oheisen piirustuksen kuviossa 1 on esitetty kaaviokuvana keksinnön mukaisen infrapunamodulaattorin periaatteellinen toiminta. Kuvossa 1 viitenumeroilla 1 on merkitty valonlähdettä, joka tasopeilin 2 kautta suuntaa valon sateenjakajalle 3. Säteenjakaja jakaa peililtä 2 tulevan valon kahteen haaraan, joista toinen kulkee suoraan sateenjakajan läpi ja toinen heijastuu sateenjakajasta. Suoraan sateenjakajan läpikulkeva valon haara otetaan vastaan tasopeilillä 5 ja sateenjakasta heijastuva valonhaara otetaan vastaan tasopeilillä 4. Tasopeili 4 ohjaa valon kolmen toisiinsa nähden kohtisuorassa suunnassa olevan peilin muodostamalle kuutionurkkapeilille 7, joka on sovitettu käänämään valon tarkasti takaisin tulosuuntaansa. Samalla tavoin tasopeilin 5 heijastama valo käännetään tarkasti takaisin kulkusuuntaansa toisen, kolmen toisiinsa nähden kohtisuorassa suunnassa sijaitsevan peilin muodostaman kuutionurkkapeilin 6 avulla.

Kuutionurkkapeilit 6 ja 7 on sovitettu mahdollisimman lähelle toisiaan yhteiselle optiselle akselille heijastamaan vastakkaisiin suuntiin. Kuutionurkkapeilit 6 ja 7 muodostavat siten kaksoiskuutionurkan, jonka tehtävänä on palauttaa niihin tuleva valo täsmälleen takaisin tulosuuntaansa eli takaisin peileille 4 ja 5 ja niiden kautta säteenjakajalle 3, jossa valonsäteet interferoivat keskenään. Kun tasopeilit 4 ja 5 on sijoitettu samalle etäisyydelle säteenjakasta 3 ja toisaalta kuutionurkkapeilit sijaitsevat samalla etäisyydellä tasopeileistä 4 ja 5, ovat valonsäteiden kulkemat optiset matkat täsmälleen yhtä suuret, jolloin laitteen ulostulossa havaitaan kaikkien aallonpituuksien interferenssimaksi. Tämä ulostulo saadaan tasopeililtä 8, joka vastaanottaa valon säteenjakajalta ja joka ohjaa valonsäteen infrapunamodulaattorin ulkopuolelle. Liikutettaessa kaksoiskuutionurkkaa optisen akselinsa suunnassa eli tasopeileiltä 4 ja 5 tulevien valonsäteiden suunnassa edestakaisin, voidaan laitteen läpi kulkevan valon aallonpituuuskaksoisjakautuma mitata käyttämällä hyväksi eri aallonpituuksien interferenssejä. Kuvion 1 järjestelmä muodostaa siten modulaattorin, jollaista voidaan käyttää spektrometrissa. Tällaisen modulaattorin avulla mitattava säteily kyetään moduloimaan muotoon, josta Fourier-muunnoksen avulla voidaan laskea säteilyn spektrijakautuma.

Esillä olevan keksinnön mukaisesti on aikaansaatu infrapunamodulaattori, joka on aikaisempaa epäherkempi lämpötilanvaihteluille ja tärinälle. Keskeisin syy tähän on rakenne, jonka avulla infrapunamodulaattorin osat on yhdistetty toisiinsa. Erityisesti kysymys on säteenjakajan 3 ja tasopeilit 4 ja 5 toisiinsa sitovasta tukirakenteesta, joka keksinnön mukaisesti on toteutettu yhtenä yhtenäisenä materiaalikappaleena, joka on materiaaliltaan homogeenista ja massiivista materiaalia, kuten messinkiä.

Keksinnön mukaisen tukirakenteen edullinen suoritusmuoto on esitetty perspektiivikuvana kuviossa 2. Kuviossa 2 säteenjakajan 3 ja tasopeilit 4 ja 5 toisiinsa kiinteästi yhdistävä tukirakenne 9 on kuvattu alaviistosta siten, etä sen kiinnitysalue asennusalustaan on näkyvissä ja sitä on merkitty viitenumeroilla 10. Asennusalustan yläpuolella sijaitseva yleisesti ottaen suuntaissärmien muotoinen tukirakenteen osa, jota on merkitty viitenumeroilla 11, on tarkoitettu säteenjakajan 3 kiinnittämiseen. Säteenjakaja 3 kiinnitetään osassa 11 olevaan aukkoon tunnetulla tavanomaisella tavalla siten, että se kyetään tarkasti asemoimaan.

Tukirakenne 9 muodostaa ylhäältäpäin katsottuna T:n muotoisen kappaleen, jossa T:n jalka on kuitenkin suhteellisen lyhyt ja muodostuu edellä

mainitusta osasta 11, joka siis on tarkoitettu säteenjakajan 3 kiinnittämiseen. Tämä tukirakenteen muoto ilmenee parhaiten kuviosta 3. T:n ylähaaraan, jota kuviossa 2 on merkitty viitenumeroilla 12, on muodostettu tästä haarasta oleellisesti samansuuntaisena osan 11 kanssa ja siitä poispäin ulkonevat haarakkeet 13 ja 14, jotka on sijoitettu haaran 12 pähin. Nämä haarat 13 ja 14 on tarkoitettu tasopeilien 4 ja 5 kiinnittämiseen. Nämä haarat 13 ja 14 on varustettu aukoilla, joihin tasopeilit 4 ja 5 kiinnitetään niiden tarkan asemoinnin mahdolistavilla tavanomaisilla välineillä. Jotta valonsäteet pääsevät esteettömästi kulkemaan säteenjakajalta 3 haarojen 13 ja 14 aukkoihin tuettuihin tasopeileihin 4 ja 5, on tukirakenteen 9 osa 12 muotoiltu kuviossa 2 esitetyllä tavalla siten, että osan 12 muodostama yleisesti laattamainen kappale on keskeltä avoin.

Kuten kuvioista 1 ilmenee, on kaksoiskuutionurkkajärjestelmä, jonka kuutionurkkapeilit 6 ja 7 muodostavat, tarkoitettu sijoittavaksi tasopeilien 4 ja 5 väliin. Kuvioista 2 ja 3 ilmenee, että tämä myös käytännössä on mahdollista. 15 Kappaleessa 12 oleva aukko ja tasopeilien 4 ja 5 sijoittaminen haaroihin 13 ja 14 mahdolistavat kaksoiskuutionurkan sijoittamisen tasopeilien 4 ja 5 väliin siten, että sitä voidaan liikuttaa edestakaisin tukirakenteen 9 muodostamatta tälle estettä.

Kuten kuvioista 2 ja 3 ilmenee, on säteenjakajan 3 ja tasopeilit 4 ja 5 yhdistävä tukirakenne muodostettu yhdestä yhtenäisestä materiaalikappaleesta. Parhaan mahdollisen tärinänkestoisuuden aikaansaamiseksi tukirakenteen 9 materiaali on homogenista ja massiivista, kuten esimerkiksi messinkiä. Tukirakenne 9 sitoo säteenjakajan 3 ja peilit 4 ja 5 toisiinsa siten, että ne eivät missään olosuhteissa pääse siirtymään toistensa suhteen. Lisäksi tukirakenne 25 9 on symmetrinen siten, että säteenjakaja 3 sijaitsee sen symmetria-akselilla ja peilit 4 ja 5 sijaitsevat symmetrisesti säteenjakajan 3 eri puolilla samalla etäisyydellä siitä.

Erittäin oleellista keksinnön mukaisessa infrapunamodulaattorissa on myös, että tukirakenne on kiinnitetty asennusalustaansa, kuten modulaattorin runkoon tai koteloon, vain yhdeltä rajatulta alueelta. Tämä alue on merkitty kuviossa 2 viitenumeroilla 10. Se sijaitsee tukirakenteen symmetria-akselilla säteenjakajan 3 alapuolella. Kuten kuviosta 2 ilmenee, alue 10 on varustettu kolmella kannatusnastalla 15, joissa on keskeiset poraukset 16, jotka on varustettu sisäkierteellä. Siten tukirakenne 9 voidaan kiinnittää asennusalustaan tuomalla sen läpi kolme ruuvia, jotka työntyvät kannatusnastojen 15 porauksiin 35 ja kiinnittävät tukirakenteen 9 alustaan. Tällä tavoin tukirakenne on kanna-

tettu vain yhdestä kohdasta, joka sijaitsee symmetrisesti tukirakenteeseen nähdien. Tällainen kannatustapa on edullinen sekä tukirakenteen 9 lämpölaajenemisen että tärinänkestoisuuden kannalta. Tällaista kiinnitystapa käytäessä tukirakenteen 9 mahdollinen lämpölaajeneminen lämpötilavaihteluiden yhtey-

5 dessä vaikuttaa tasaisesti koko rakenteeseen, jolloin tukirakenteen 9 symmetrisen mitoitus säilyy muuttumattomana.

Koska kaksoiskuutionurkkapeilisysteemin 6, 7 liikutusmekanismi ei ole tämän keksinnön kohteena, ei sitä kuvata yksityiskohtaisemmin. Seuraavassa kuitenkin tarkastellaan tälle liikutussysteemille asetettuja vaatimuksia ja

10 sen mahdollisia toteutustapoja tunnettuun tekniikkaan nojautuen.

Säeteet palauttavan kaksoiskuutionurkkapeilisysteemin 6, 7 liikuttamisessa on vaatimuksena liikkeen pysyminen tarkasti peilien optisella aksellilla ja erityisesti peilisysteemin kummankin puoliskon nurkkien pysyminen tarkasti samassa asemassa optiseen akseliin nähdien. Tärinälle ja lämpötilan vaihtelulle 15 altiissa kenttäolosuhteissa tämä on kova vaatimus, kun laitteen tulee vielä olla kompakti. Kysymykseen ei siten tule US-patenttijulkaisun 4,165,183 mukainen kisko-ohjattu hihnavetoinen liikutusmekanismi, joka on tarkoitettu lähinnä laboratorio-olosuhteisiin, vaan oleellisesti parempi ratkaisu tunnetaan US-patenttijulkaisusta 5,457,531. Siinä säeteet palauttavaa peilisysteemiä liikuttava 20 mekanismi on heiluryyppinen, vähintään kaksi joustavaa vartta sisältävä liikutusmekanismi, jolla säeteet palauttavan peilisysteemin liike saadaan halutulla liikutusalueella lineaariseksi. Kyseisestä julkaisusta tunnettu liikutusmekanismi sisällytetäänkin tähän hakemukseen tämän viittauksen kautta.

Yllä keksinnön mukaista infrapunamodulaattoria on kuvattu vain yhden esimerkinomaisen suoritusmuodon avulla. Alan ammattilaiselle on ilmeistä, että keksinnön perusajatus voidaan toteuttaa monin eri tavoin. Keksintö ja sen suoritusmuodot eivät siten rajoitu yllä kuvattuun esimerkkiin vaan ne voivat vaihdella patenttivaatimusten puitteissa.

Patenttivaatimukset

1. Infrapunamodulaattori spektrometriä varten, joka modulaattori kä-
sittää valonlähteen (1), säteenjakajan (3) valonlähteen valon jakamiseksi kah-
teen haaraan, ensimmäisen tasopeilin (4) ensimmäisen haaran valon ohjaami-
seksi, toisen tasopeilin (5) toisen haaran valon ohjaamiseksi, ensimmäisen,
kolmesta toisiinsa nähden kohtisuorassa suunnassa olevasta peilistä muodostetun kuutionurkkapeilin (7) ensimmäisen tasopeilin (4) ohjaaman valon kään-
tämiseksi takaisin ensimmäiselle tasopeilille (4), ja toisen, kolmesta toisiinsa
nähden kohtisuorassa suunnassa olevasta peilistä muodostetun kuutionurkkapeilin (6) toisen tasopeilin (5) ohjaaman valon käänтämiseksi takaisin toiselle tasopeilille (5), jolloin ensimmäinen ja toinen kuutionurkkapeili (7, 6) on sovit-
tu yhteiselle optiselle akselille heijastamaan vastakkaisiin suuntiin ja liikutetta-
vaksi edestakaisin mainitun optisen akselin suuntaisesti, t u n n e t t u siitä, et-
tä säteenjakaja (3) ja ensimmäinen ja toinen tasopeili (4, 5) on tuettu samaan,
yhden yhtenäisen materiaalikappaleen muodostamaan tukirakenteeseen (9).

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen infrapunamodulaattori, t u n -
n e t t u siitä, että mainittu tukirakenne (9) on kannatettu asennusalustaansa
vain tukirakenteen yhdeltä rajatulta alueelta (10).

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen infrapunamodulaattori,
t u n n e t t u siitä, että tukirakenne (9) on symmetrinen siten, että säteenjakaja
(3) sijaitsee sen symmetria-akselilla ja ensimmäinen ja toinen peili (4, 5) sijait-
sevat symmetrisesti eri puolilla säteenjakajaa samalla etäisyydellä siitä ja että
tukirakenteen kannatusalue (10) asennusalustaansa sijaitsee säteenjakajan
(3) kohdalla.

4. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 3 mukainen infrapunamodulaatto-
ri, t u n n e t t u siitä, että tukirakenne (9) on materiaaliltaan homogeenista ja
massiivista materiaalia, kuten messinkia.

(57) Tiivistelmä

Keksinnön kohteenä on infrapunamodulaattori spektrometriä varten, joka modulaattori käsittää valonlähteen (1), säteenjakajan (3) valonlähteen valon jakamiseksi kahteen haaraan, ensimmäisen tasopeilin (4) ensimmäisen haaran valon ohjaamiseksi, toisen tasopeilin (5) toisen haaran valon ohjaamiseksi, ensimmäisen, kolmesta toisiinsa nähdens kohtisuorassa suunnassa olevasta peilistä muodostetun kuutionurkkapeilin (7) ensimmäisen tasopeilin (4) ohjaaman valon käänämiseksi takaisin ensimmäiselle tasopeilille (4), ja toisen, kolmesta toisiinsa nähdens kohtisuorassa suunnassa olevasta peilistä muodostetun kuutionurkkapeilin (6) toisen tasopeilin (5) ohjaaman valon käänämiseksi takaisin toiselle tasopeilille (5), jolloin ensimmäinen ja toinen kuutionurkkapeili (7, 6) on sovitettu yhteiselle optiselle akselille heijastamaan vastakkaisiin suuntiin ja liikutettavaksi edestakaisin mainitun optisen akselin suuntaisesti. Keksinnön mukaisesti säteenjakaja (3) ja ensimmäinen ja toinen tasopeili (4, 5) on tuettu samaan, yhden yhtenäisen materiaalikappaleen muodostamaan tukirakenteeseen.

(Kuvio 1)

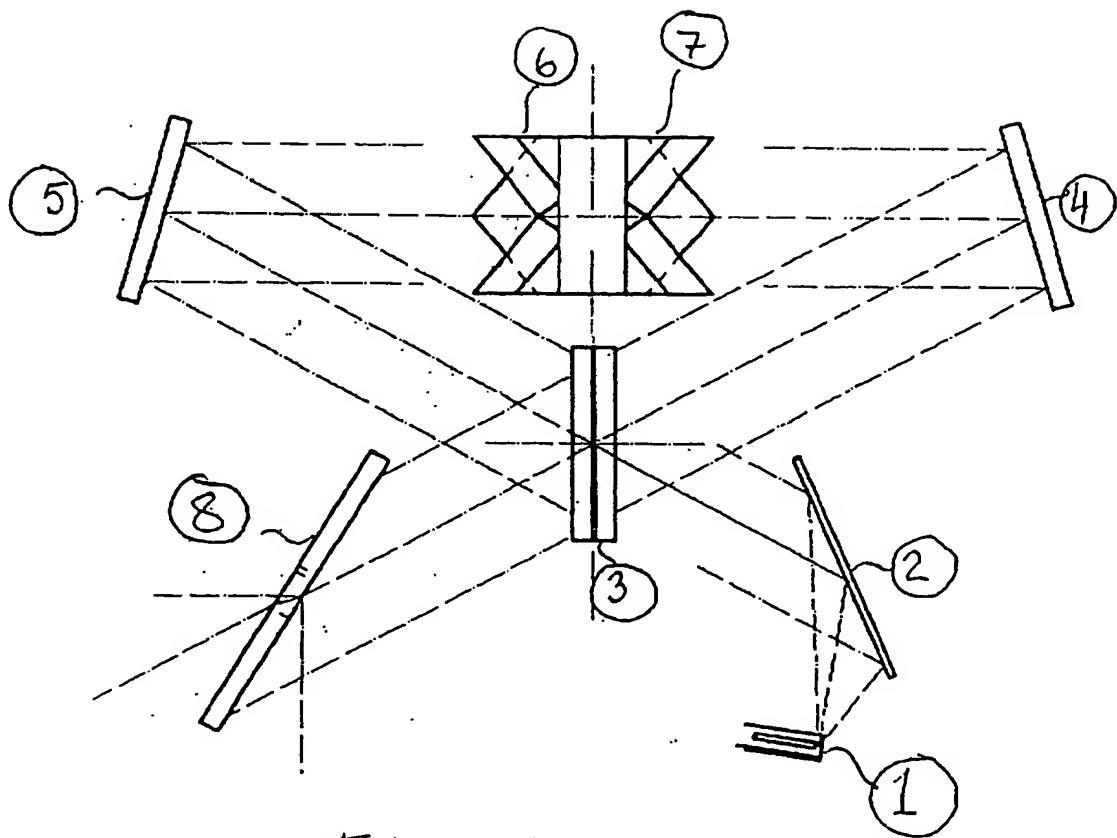


FIG. 1

